

胶州湾沉积动力学及相关领域研究进展*

STUDIES ON SEDIMENT DYNAMICS AND RELATED RESEARCH
FIELDS OF JIAOZHOU BAY: A REVIEW

汪亚平 高 抒

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

胶州湾位于黄海之滨、山东半岛南岸。通常所指的胶州湾以青岛团岛(36°02′36″N, 120°16′49″E)及薛家岛(36°00′53″, 120°17′30″E)的连线为界,是一个与黄海相通的半封闭型天然海湾。胶州湾沉积物来源有限,属优良天然港湾,而且拥有丰富的海洋生物和旅游资源,对青岛市的经济发展有着举足轻重的地位。

人类活动的日益增加,不可避免地对胶州湾的自然环境、生态环境产生一些不利影响。具体表现在:水域面积缩小、纳潮量减少、自净能力削弱、污染加重。科学合理地评估这些影响,对将来胶州湾海洋资源的开发和管理是很有意义的。要维持胶州湾健康的生态系统和自然环境,让胶州湾继续造福青岛,需要严格的科学管理。

对胶州湾的调查工作始于19世纪60年代的李希霍芬。1949年以后,为了海岸工程建设、资源开发及环境保护等方面的需要,不同科研院所对胶州湾的气象、水文、地质地貌进行了全面系统的调查和研究,较大规模的调查研究主要有:(1)中国科学院海洋研究所1957~1961年对胶州湾的海流、沉积物、地貌及周边地质进行过调查研究,1981年全国海岸带(青岛地区)调查以及1980~1983年生态学和生物资源调查;(2)1976~1980年山东海洋学院(现青岛海洋大学)对胶州湾的地球化学作了研究及潮流数值模拟;(3)1980~1982年,国家海洋局第一海洋研究所为青岛前湾港址选择作可行性研究,对胶州湾的气象、水文、地质地貌、沉积物、浅地层等进行了全面系统的调查与研究,获得了大量的实测资料。(4)1994~1995年由多个海洋研究机构进行的胶州湾及邻近海岸带功能区划。

历史上对胶州湾的调查、研究资料很多。由于历史条件的限制,胶州湾海区的沉积动力学研究仍处于初步阶段。例如,样品处理、分析多采用传统的方法,取得的资料比较零散,数据质量也不尽如人意,获得

的结论以定性居多。本文拟就前人在胶州湾沉积动力学及与其相关的水文气象、地质地貌、遥感等方面的研究作一简述,并提出需作进一步研究的科学问题。

1 水文气象

国内研究海湾潮汐潮流数值模拟始于1966年方国洪和王仁树的工作。王化桐等1980年首次用ADI法进行了胶州湾潮流数值计算,认为胶州湾潮流以往复流为主,存在几个潮余流环流;外湾口门余流“北进南出”,内湾口门余流“西进东出”。这些结果均被后来的实际观测资料所证实。曹德明1984年的研究表明,在不考虑潮间带的情况下,计算结果的误差可达25%以上。采用变边界模型,除可考虑具有重要意义的潮间带外,更符合实际潮流运动的物理过程^[2]。丁文兰1986年用胶州湾1951~1982年间数十年的潮汐水文观测资料,统计了潮汐与潮流的特征,认为表层余流与风有关。俞光耀和陈时俊1983年的数值计算表明,胶州湾拉格朗日余流场与欧拉余流场不完全一致,在某些区域甚至完全相反。

最近,美国普林斯顿大学的ECOM 3D Estuarine, Coastal and Ocean Model模式被用于胶州湾三维潮汐、潮流数值模拟^[1]。潮流数值模拟结果与观测资料符合较好,并获得了三维潮流水平与垂直分布结构,及若干个潮致余流涡的水平分布状况。胶州湾平均水存留时间为80d,但各区域水交换能力差异较大,以湾顶海域为最差。孙英兰等1988年数值计算获得的结果表明,胶州湾水体更新速度较快,排污后10个潮周期左右就能达到本底值。康兴伦等1990年用示踪剂模拟了可溶性污染物的稀释扩散,认为胶州湾中的风、

* 国家杰出青年基金资助项目 49725612号。

收稿日期:2000-04-15;修回日期:2000-09-14

浪、潮流等对污染物扩散速度都有一定影响；胶州湾的自净能力较强。这些结果的差异表明，目前水交换的实际测量仍较为困难，尚缺乏有说服力的验证资料，而且对水交换的理解在涵义上也有较大差异。海湾的水交换能力，对其生态系统的健康是非常重要的。在这方面，地球化学家、沉积动力学家和生态学家应积极介入，作出应有的贡献。

波浪计算在很大程度上依赖于风要素的确定。刘学先 1985 年根据胶州湾波浪站的观测资料，建立了适用于海湾中南部的风浪要素关系式；他和胡泽建 1990 年应用浅水模式方程获得的海浪经验模式，预报波高和周期的精度远高于规范法。常德馥 1987 年认为，海浪谱形，特别是谱峰位置在计算海岸、海洋结构物及船舶运动对海浪的响应中是非常重要的。很多实测海浪谱展示出双峰，黄培基和胡泽建 1988 年建立了含 6 个参量的双峰海浪频谱公式。这些研究成果，对胶州湾港口资源的开发起了一定作用。

2 地貌与第四纪地质

李凡等 1992 年的研究表明，胶州湾位于鲁东台背斜的东南翼；海底有 3 条水道自湾口向湾顶呈辐射状延伸，水道之间为规模较大的潮流沙脊。李善等为 1982 年和王文海等 1984 年将胶州湾的海底地貌划分为侵蚀地貌（侵蚀深槽、侵蚀洼地、水下侵蚀平台和岩礁）和堆积地貌（水下浅滩、河流三角洲和隐三角洲、潮流沙脊），将海岸地貌划分为海蚀地貌（海蚀崖、海蚀平台）、海积地貌（海积平原、海滩与潮滩、沙嘴、沿岸堤）及人工地貌（如盐田、海港、人工海堤等），并认为胶州湾的海岸有基岩港湾海岸、砂和粉砂淤泥质平原海岸及充填型河口湾海岸。胶州湾地貌学主要是描述性的研究。

燕山运动晚期在胶州湾地区形成的构造断陷盆，为胶州湾的形成奠定了地质基础^[2]。韩有松和孟广兰 1984，1986 年研究认为，胶州湾海平面经历了 3 个大的变化阶段：距今 8 000 ~ 11 000 a 前海平面由 -16 ~ -35 m 迅速上升至现代海平面附近；5 000 ~ 8 000 a 左右出现高海面时期，古海岸线曾达到 5 m 等高线附近；3 000 ~ 4 000 a 左右，海平面回降至现代海平面附近。万延森 1986 年认为，除了这 3 次较显著的海平面变化外，还存在一些次一级的波动，即胶州湾地区的海平面变化呈现出振荡的波动形式，而不是平缓的上升或下降。李善为 1983 年据岩芯孢粉分析，胶州湾 20 000 a 以来可以划分为 7 个古气候与发展阶段；结合沉积物¹⁴C 粒度、古地磁和微体古生物特征分析表明，末次冰期低海面时，胶州湾成为陆相盆地，冰

后期海面回升形成原始海湾，经波浪、潮流与河流等动力塑造，形成了现代胶州湾。吴桑云等人 1995 年进行了胶州湾第四系地层的划分。这将为第四系不甚发育的山东半岛晚第四系标准地层的建立和古环境重建提供依据。

3 沉积动力学

历史上对沉积物的粒度分析通常按照《海洋调查规范》，采用传统的筛法和吸管法/沉降法，粒度参数为图算法参数。以这种分析方法为标准，胶州湾邻近海区沉积物类型主要是黏土质粉砂和砂粉砂质黏土^[3]。王文海等 1982 年的研究表明，在胶州湾内，沉积物种类较多，包括基岩石块、砂砾-砾砂、粗砂、砂、细砂、黏土粉砂质砂、粉砂黏土质砂、砂黏土质粉砂、黏土质粉砂、粉砂质黏土等；从湾口向湾外，湾内沉积物均变细。这种分布形式，主要与沉积物来源和水动力情况有关。

胶州湾沉积物来源较少，提供的矿物量不大；加之半封闭海湾的湾内水动力较弱，重矿物运移和扩散的区域很有限。曹钦臣和俞旭 1985 年研究了胶州湾沉积物中的矿物组分，认为石英、斜长石和钾长石是最主要的，占沉积物总重的 65% ~ 85%。赵奎寰 1983 年研究表明，胶州湾的重矿物共有 35 种；其平均含量为 2.5%，低于黄海与苏北浅滩沉积物，组合分区明显受胶州湾地区基岩类型的控制。李培泉等 1986 年测定了表层沉积物的放射性同位素，认为¹³⁷Cs 的污染较高。曹钦臣 1982 年研究认为，胶州湾属于还原环境或强还原环境，除总铬外，其他污染物如铜、铅、镉、总汞、有机质、硫化物和油类在东部沿岸海区均有超标；胶州湾邻近沿岸海区沉积物中有机碳含量达 0.63%。

王文海等 1983，1986 年研究了胶州湾的沉积物来源，表明主要来源是河流输沙、海底与海岸侵蚀供沙、城市垃圾等；据河流输沙量与岩芯¹⁴C 测年估算的沉积速率分别为 1.4 mm/a、0.7 ~ 0.9 mm/a。在黄岛前湾，据这两种方法估算的沉积速率分别为 1 ~ 2 mm/a、0.25 ~ 0.9 mm/a。实际上，大气亦是不可忽视的沉积物来源之一，正常天气下青岛沿岸平均降尘量约 0.7 g/(m²·d)，浮尘期间可达这个量值的 3 倍^[4]。边淑华 1999 年在硕士论文中用 1863，1966，1985，1992 年的海图进行地形对比，认为 1985 年前胶州湾处于淤积状态，淤积速率为 1 ~ 25 mm/a，1985 年还转为侵蚀状态 20 ~ 70 mm/a；而²¹⁰Pb 测定的沉积速率为 2 ~ 8.9 mm/a。海图对比方法的缺陷在于，不同时期的海图的投影方法、基准面、比例尺等均有很大差异，转换

到相同座标下可能会带来较大误差,尤其是用于精度要求较高的沉积速率测量的时候。例如,1992年的海图采用了高斯投影,而其他海图均采用墨卡托投影。此外,由于不同的测量方法所代表的时间、空间尺度不一致,所获得结果也会产生显著差异。

河流输沙占沉积物总输入量的94%以上,而且主要淤积在海湾西北部。李凡等1994年的经验公式计算结果表明,水深1~2 m处的沉积物仅在风暴潮期间才能被搬运,水深>2 m的沉积物常年不会发生大规模的运移。春季,胶州湾悬沙浓度为6.2~29.7 mg/L,大于其他季节2倍以上,这与春季大风天气较多有关^[5]。1998年夏季用ADCP在胶州湾口门的悬沙浓度测量结果显示,南部水体悬沙浓度大于北部,海湾底部的浓度大于水体上部;并在口门中央形成一个略向北倾斜的悬沙浓度锋面,在锋面两侧悬沙浓度有较大差异,南侧水体的悬沙浓度较北侧的高近1倍^[6]。

沉积物粒径趋势分析表明,沉积物自东北部河流入口处,有沿东部水道向西、南搬运的趋势;在海湾中西部,沉积物向等深线的鞍部(即海湾中央的大型垄脊)汇聚的趋势;在胶州湾口深水槽的末端(外海区域20 m等深线形成的舌状部位)亦有一个沉积物汇聚区。这些结果与海流、地貌信息及重矿物方面的证据基本相符^[7]。

4 遥感方法

遥感方法在近20多年来获得了很大发展,尹世源1982年解译了两幅1978年陆地卫星图像,获得了小潮高潮线与中潮低潮线之间的面积为129.8 km²。胶州湾的航空遥感表明,微波遥感可获得海岸开发利用情况;可见光与红外航片分析可获得海洋水色、叶绿素、浅海水深和污染等。李成治和黄宝艇1984年对胶州湾幅CCT磁带数字图像信息进行监督、非监督定量分类,解译了9类地貌组合,获得结果与实际调查资料相符。郑全安等1991、1992年以卫星遥感资料为依据,计算得1988年胶州湾水域面积为390±7 km²,60 a来缩小了170 km²;1915~1963年、1963~1988年的平均沉积速率分别为5.2,14 mm/a;1935,1963,1988年的湾口最大表层涨潮流速为1.8,1.4,1.2 m/s。这种通过遥感手段来获取水文泥沙资料的方法有很大潜力,但仍需进一步提高效率和精度。

5 讨论

随着人类活动的加剧,人类对胶州湾自然环境

的影响日益剧烈,如围垦可能使纳潮量减少,使水动力朝不利的方向转化;在潮滩、浅海区域的大面积海水养殖可能扰乱了当地的自然沉积过程。从空间尺度上看,胶州湾属大型潮汐汉道,其水动力和沉积物运动过程与中、小型潮汐汉道有许多不同的特征,而前人的研究通常将重点放在了中、小型潮汐汉道方面。例如,近百年来,胶州湾水域面积和潮间带面积分别减小了30%,12%,这种减小主要是人类的围垦活动造成的。尽管如此,胶州湾的水动力格局没有发生显著改变,沉积环境仍保持较稳定的状态,没有产生人们所预料的严重淤积。可见,对胶州湾这样的大型潮汐汉道来说,较强的反馈机制使得汉道体系非常“稳健”,能够承受外界给予的较大“压力”并在一定程度上保持输入和输出物质之间的平衡。

因此,人类活动(如围垦等)是否会对胶州湾这种大型潮汐汉道的自然环境产生负面影响,以及影响的程度如何,是值得深入研究的新课题,对于未来胶州湾资源开发及其邻近地区的经济发展有非常重要的指导意义,对于其他大型潮汐汉道的研究亦有借鉴意义。这个课题的核心之一是胶州湾的演化过程,尤其是它从形成到衰亡的时间尺度问题。对于这个问题的研究,需要了解能够造成胶州湾物质系统失衡的各种因素,如纳潮量和沉积物输入量之间的对比关系,以及胶州湾海区的沉积速率等。

综上所述,对于胶州湾沉积动力学,以下方面仍需作进一步研究:(1)胶州湾物质通量的定量研究,包括沉积物通量、营养盐输送及水交换等方面的研究;(2)海底沉积物搬运的趋势及数学模拟;(3)现代城市环境及人类活动对胶州湾的影响与监测,尤其是胶州湾所能承受的人类活动影响的临界值;(4)大型潮汐汉道的沉积动力学特征、演化过程,以及从形成到衰亡的时间尺度。

参考文献

- 1 鲍献文,闫菊,赵亮,石磊.海洋科学,1999,5: 57~60
- 2 赵奎寰.黄渤海海洋,1998,16(1):15~20
- 3 李玉瑛,沈渭铨,章伟.青岛海洋大学学报,1997,27(4):546~552
- 4 李安春.科学通报,1997,42(18):1990~1992
- 5 张铭汉.海洋科学集刊,2000,42:49~54
- 6 汪亚平,高抒,李坤业.海洋与湖沼,1999,30(6): 758~763
- 7 汪亚平,高抒,贾建军.地理学报,2000,55(4):449~458

(本文编辑:李本川)